

УДК 621.892.09

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПРОЦЕСС СТАРЕНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА

Лысая М.С.,

Научный руководитель д-р техн. наук, проф. Ковальский Б.И.

*Сибирский Федеральный Университет**Институт Нефти и Газа*

Ключевые слова: коэффициенты поглощения светового потока и относительной вязкости; концентрация растворимых и нерастворимых продуктов старения; противоизносные свойства; критерий противоизносных свойств.

Приведены результаты исследования процесса старения синтетического моторного масла Mobil/ New Life 0W-40SN/SM/SL/SJ в зимний и летний периоды эксплуатации двигателей автомобиля.

Методика исследования заключалась в периодическом отборе проб работающих моторных масел 50г из прогретого двигателя с помощью специального шприца с последующим их фотометрированием и определением коэффициента поглощения светового потока, измерением кинематической вязкости при температуре 100°C, центрифугированием с повторным фотометрированием и определением концентраций растворимых и нерастворимых продуктов старения, испытанием на трехшариковой машине трения со схемой «шар-цилиндр» для определения противоизносных свойств.

На рис.1а приведены зависимости коэффициента поглощения светового потока, характеризующегося концентрацией общих продуктов старения, от пробега автомобиля. Зимние испытания начаты после пробега автомобиля 7,6 тыс. км и продолжались до пробега 15,2 тыс. км (кривая 1), а летние испытания продолжались в соответствии с инструктивным пробегом (10,0 тыс. км) (кривая 2). Показано, что при пробеге автомобиля 7,0 тыс. км оптические свойства синтетического масла практически не зависят от климатических условий, однако при пробеге больше 7,0 тыс. км концентрация общих продуктов старения масла увеличивается более интенсивно в зимний период эксплуатации (кривая 1).

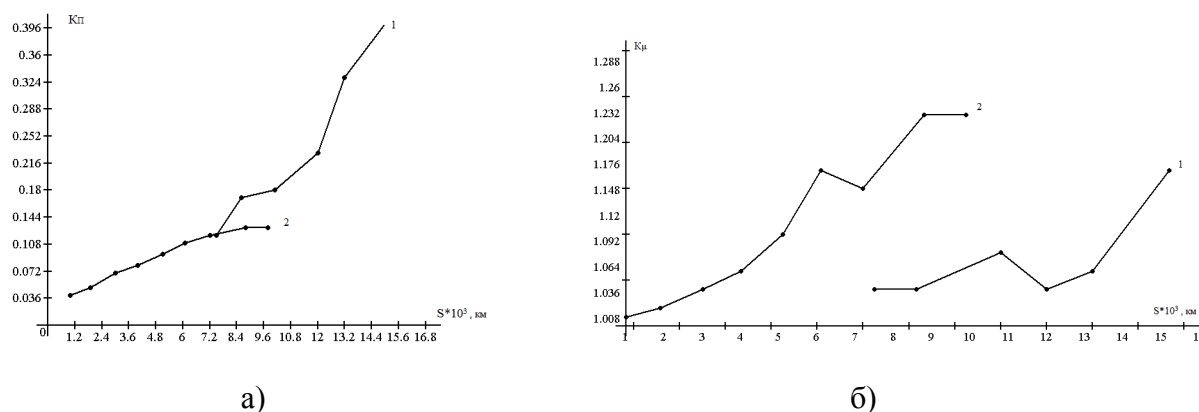


Рис.1 Зависимость коэффициентов поглощения светового потока (а) и относительной вязкости (б) при старении синтетического моторного масла Mobil/ New Life 0W-40SN/SM/SL/SJ в двигателе от пробега автомобиля: 1 – зимний цикл; 2 – летний цикл.

Изменение вязкости масла оценивалось коэффициентом относительной вязкости $K_{\text{в}}$, определяемым отношением вязкости работающего масла к вязкости товарного. Согласно данным (рис. 1б) вязкости масла в летний период эксплуатации (кривая 2) увеличивается более интенсивно, чем в зимний период (кривая 1). Так, за инструктивный период эксплуатации в летний период она увеличилась на 23%, а в зимний период – на 16% при пробеге 15,2 тыс. км. Допустимое увеличение вязкости по литературным данным установлено в пределах 30-35%.

Состав продуктов старения исследовался по концентрациям в работающем масле растворимых и нерастворимых продуктов путем их центрифугирования (частота вращения ротора 8,0 тыс. об) (рис.2). Концентрация растворимых продуктов старения, выраженная коэффициентом поглощения светового потока $K_{ПР}$ при фотометрировании отцентрифугированных проб (рис. 2а) не превышает значения 0,1 ед. в течении инструктивного срока эксплуатации (10 тыс. км.) и не зависит от климатических условий. Однако при увеличении срока эксплуатации выше инструктивного наблюдается увеличение концентрации растворимых продуктов старения.

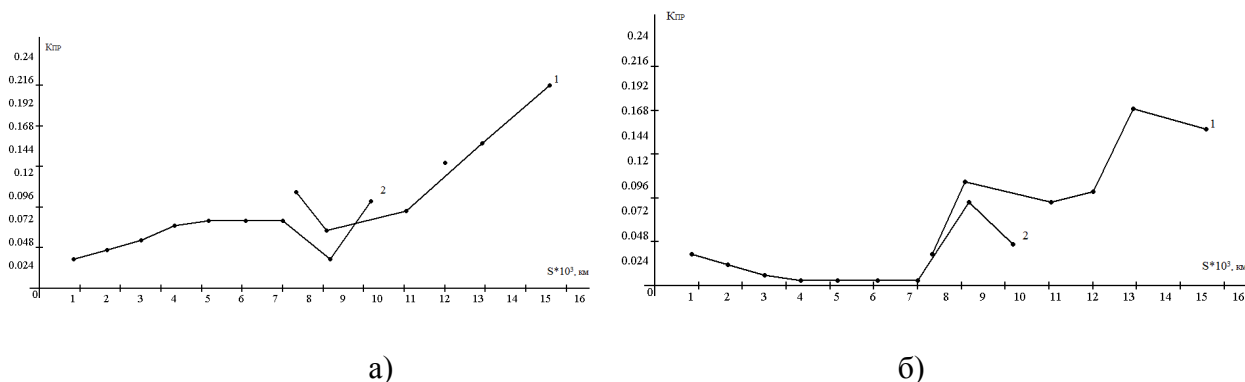


Рис. 2 Зависимости концентрации растворимых $K_{ПР}$ (а) и нерастворимых $K_{ПН}$ (б) продуктов старения синтетического моторного масла Mobil/ New Life 0W-40SN/SM/SL/SJ в двигателе от пробега автомобиля: 1 – зимний цикл; 2 – летний цикл.

Концентрация нерастворимых продуктов старения $K_{ПН}$, определялась разностью

$$K_{ПН} = K_{П} - K_{ПР}, \quad (1)$$

где $K_{П}$ - концентрация общих продуктов старения; $K_{ПР}$ – концентрация растворимых в масле продуктов старения.

Установлено, (рис. 2б) что концентрация нерастворимых продуктов старения синтетического моторного масла до 7,5 тыс. км. пробега находится на низком уровне $K_{ПН} < 0,02$ ед. и не зависит от климатических условий эксплуатации. Дальнейшая эксплуатация двигателя приводит к увеличению коэффициента $K_{ПН}$, который более интенсивно увеличивается при зимних условиях эксплуатации (кривая 1).

Для оценки соотношения между продуктами старения моторного масла введен коэффициент K , определяемый выражением

$$K = K_{ПР} / K_{ПН}, \quad (2)$$

Согласно данным (рис. 3) соотношение между концентрациями растворимых $K_{ПР}$ и нерастворимых $K_{ПН}$ продуктов старения сильно зависит от климатических условий. Так, в начале эксплуатации двигателя на вновь залитом масле, в основном, увеличивается концентрация растворимых продуктов старения. В дальнейшем по мере снижения производительности фильтрующих элементов увеличивается концентрация в масле нерастворимых продуктов старения из-за чего коэффициент соотношения K уменьшается.

Противоизносные свойства работающих масле оценивались по среднеарифметическому значению диаметров пятна износа на трех шарах. Параметры трения составили: нагрузка 13 Н, скорость скольжения 0,68 м/с, температура масла в объеме составляла 80°C и в процессе испытания поддерживалась автоматически, время испытания 2 часа.

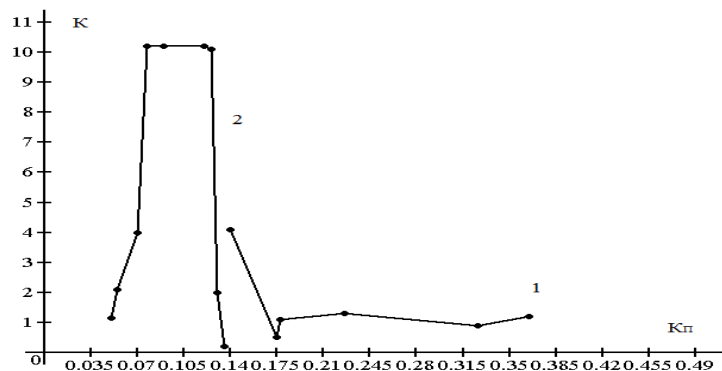


Рис. 3 Зависимости коэффициента соотношения состава продуктов старения работающего синтетического моторного масла от коэффициента поглощения светового потока.

Согласно данным (рис. 4) в начале эксплуатации двигателя противоизносные свойства синтетического масла понижаются за счет приспособляемости масла к условиям эксплуатации и отсутствию необходимой концентрации нерастворимых продуктов старения. В дальнейшем они повышаются и при определенном пробеге превышают противоизносные свойства товарного масла (точка на ординате). Летние условия эксплуатации обеспечивают более быстрое наступление периода повышения противоизносных свойств (кривая 2). Показано, что с увеличением пробега выше нормального не вызывает понижение противоизносных свойств работающих масел, более того они их повышают по сравнению с товарным маслом.

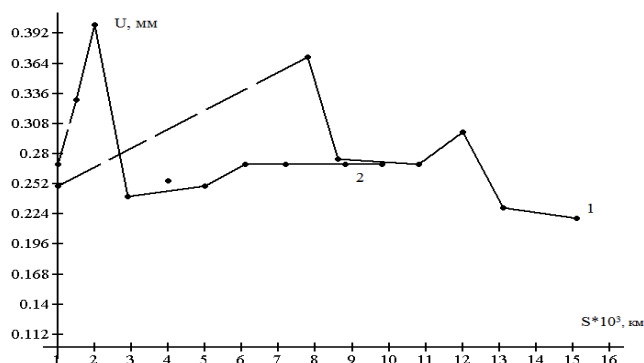


Рис. 4 Зависимости диаметра пятна износа от пробега автомобиля, работающего на синтетическом моторном масле Mobil/ New Life 0W-40SN/SM/SL/SJ: 1 – зимний цикл; 2 – летний цикл.

Влияние продуктов старения на противоизносные свойства синтетического масла исследовалось зависимостью диаметра пятна износа от концентрации общих продуктов старения в масле, выраженной коэффициентом поглощения светового потока K_{Π} (рис. 5а). Установлено, что в начале эксплуатации двигателя на вновь залитом масле его противоизносные свойства понижаются, при этом климатические условия влияют на величину износа и концентрацию общих продуктов старения. Так, в летний период эксплуатации (кривая 2) максимальное понижение противоизносных свойств работающего масла наступает при коэффициенте $K_{\Pi} \sim 0,05$ ед., а для зимних условий эксплуатации оно наступает при $K_{\Pi} \sim 0,12$ ед.

Для оценки противоизносных свойств работающих масел предложен критерий Π , определяемых отношением

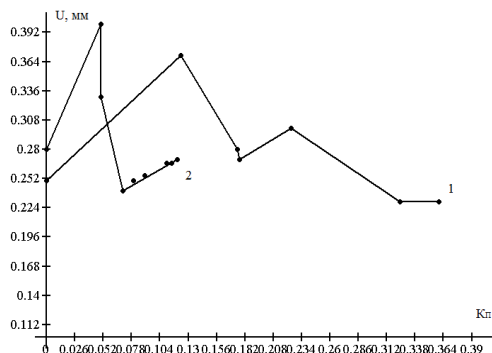
$$\Pi = K_{\Pi} / U, \quad (3)$$

где K_{Π} – коэффициент, характеризующий концентрацию общих продуктов старения масла, ед.; U – диаметр пятна износа, мм.

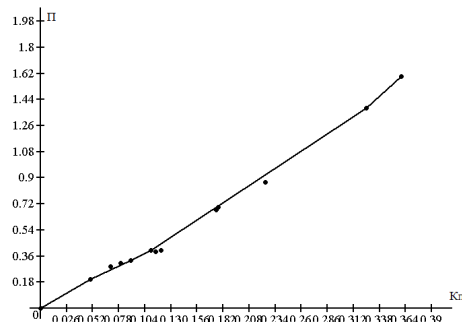
Критерий Π характеризует концентрацию продуктов старения на номинальной площади фрикционного контакта и принят условно безразмерным.

Согласно полученным данным (рис. 5б) зависимость критерия противоизносных свойств имеет линейный характер с увеличением концентрации продуктов старения и описывается регрессивным уравнением вида

$$\Pi = 4 \cdot K_{\Pi}, \quad (4)$$



а)



б)

Рис. 5 Зависимости диаметра пятна износа (а) и критерия противоизносных свойств (б) от коэффициента поглощения светового потока при старении синтетического моторного масла Mobil/ New Life 0W-40SN/SM/SL/SJ: 1 – зимний цикл; 2 – летний цикл.

Данная зависимость показывает, что противоизносные свойства работавшего масла практически не зависят от климатических условий эксплуатации, а определяется концентрацией продуктов старения. Кроме того, она является эталонной для данного масла и с ее помощью можно определять параметр износа, используя формулу

$$U = K_{\Pi} / \Pi \quad (5)$$

Для этого из двигателя отбирается проба масла, которая фотометрируется, определяется коэффициентом K_{Π} , а по зависимости $\Pi = f(K_{\Pi})$ вычисляется значение критерия Π . Параметр износа определяется по формуле 5. Для проверки полученного значения износа проба масла испытывается на трехшариковой машине трения.

Выводы:

1. Применение предлагаемой методики позволяет определить степень старения моторных масел, их вязкость, состав продуктов старения, противоизносные свойства от концентрации продуктов старения, по которой прогнозировать триботехнические параметры работавшего масла.
2. Приведенными исследованиями установлено, что при отработке синтетическим маслом инструктивного срока климатические условия эксплуатации незначительно влияют на механизм старения масла, однако увеличение ресурса в 1,5 раза вызывает более интенсивное старение масла в зимний период эксплуатации за счет конденсации влаги при пусках двигателя, вызывающей омыление присадок.
3. Вязкость масла в летний период эксплуатации двигателя увеличивается более интенсивно, чем в зимний, что объясняется температурным режимом работы двигателя и деструкцией вязкостной присадки.